

Centrale installaties – lucht - systeemkeuze

Kennisbank Bouwfysica

Auteurs: dr.ir. Peter van den Engel, Martine Verhoeven, ir. Leo de Ruijsscher, ir. John van der Vliet

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Besproken worden een aantal belangrijke centrale componenten die vaak in luchtbehandelings-systemen voorkomen. Het doel van deze componenten is o.a. het terugwinnen van energie en vocht, het zuiveren van de lucht (stofdeeltjes, e.d.) en het realiseren van de gewenste relatieve vochtigheid.

Aan de hand van diverse warmteterugwinningssystemen wordt ingegaan op de volgende componenten:

- warmteterugwinning uit ventilatielucht, hiermee kan vaak ook vocht worden teruggewonnen
- luchtreiniging
- luchtbevochtiging of ontvochtiging

2 Warmteterugwinning uit ventilatielucht

2.1 Type warmteterugwinningssystemen

Bij mechanische ventilatie en centrale klimaatsystemen kunnen de ventilatieverliezen met 40-80% worden gereduceerd door warmteterugwinning (WTW). Hierdoor kan worden volstaan met een kleinere capaciteit voor verwarming en koeling. Hier staat tegenover het ruimtebeslag, de aanschaf- en onderhoudskosten en het elektriciteitsverbruik van ventilatoren en pompen.

De volgende systemen komen in hoofdzaak voor (zie ook figuur 1.):

- **een regeneratief warmtewiel**
Een warmtewiel bestaat uit een anorganische massa die wordt rondgedraaid met een elektromotor.
Een voordeel van een warmtewiel is dat vochtoverdracht mogelijk is. Nadelen zijn het risico van stankoverdracht, en het ruimtebeslag.
- **een platen- of buizenwarmtewisselaar, in kruis- of tegenstroom**
Een platenwarmtewisselaar is eenvoudig en goedkoop.
- **heatpipe**
Een heatpipe is een pijp gevuld met een medium dat warmte overdraagt door te verdampen en te condenseren.
Voordelen van heatpipes zijn dat ze geen verliezen hebben en per pijp een extreem hoge capaciteit.
Een nadeel van heatpipes is dat ze erg duur zijn.

Bovengenoemde systemen impliceren dat aan- en afvoer van lucht bij elkaar moet zijn gesitueerd. Een systeem waarbij dat niet nodig is, is:

- **twin coil**

Bij een twin coil systeem wordt gebruik gemaakt van twee lucht/water batterijen, verbonden met pijpen. Het warmte-overdragend medium is water/glycol, meestal ter voorkoming van bevriezing.

Zo'n systeem vergt weinig ruimte, is eenvoudig en goedkoop.

Een voordeel van een twin coil systeem is dat de aan- en afvoerkanalen niet bij elkaar gesitueerd hoeven te zijn. Dit gaat ten laste van een laag rendement en relatief hoge secundaire energiekosten.

Recirculatie van lucht is geen warmteterugwinning maar speelt in op een variabele behoefte van buitenluchttoevoer. Recirculatiesystemen leiden regelmatig tot een ongezond binnenklimaat vanwege een te hoog recirculatiedeel waardoor te weinig frisse ventilatielucht wordt toegevoerd. Het systeem vraagt om een goede controle en onderhoud van het kanalsysteem en de filters.

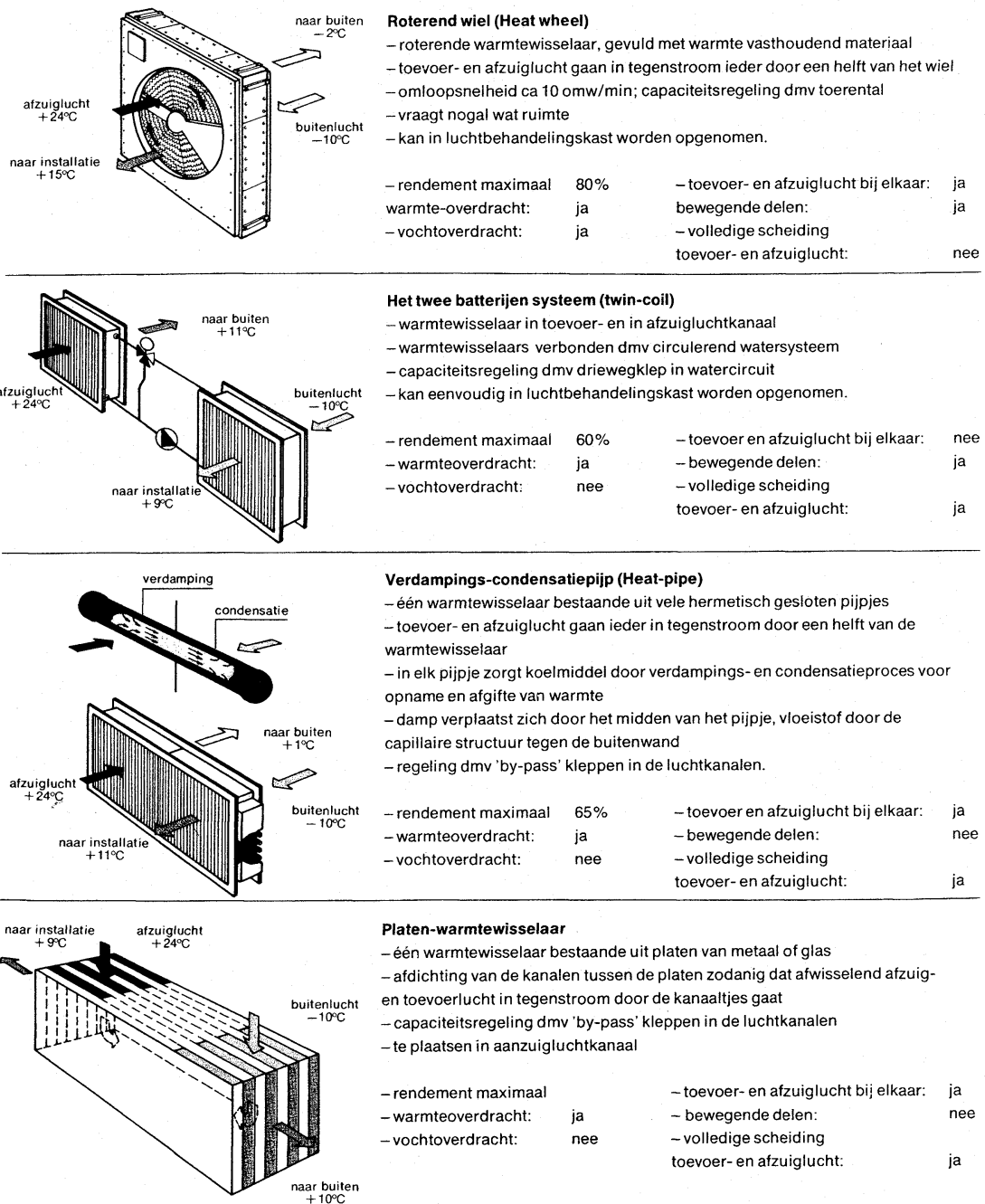


fig.1

OVERZICHT DIVERSE WARMTE-TERUG-WINNINGSSYST.

figuur 1 overzicht diverse warmteterugwinningssystemen

2.2 Warmtewiel of regeneratieve warmtewisselaar

Werking

Het actieve deel van het warmtewiel, de rotor bestaat uit een speciale geconstrueerde anorganische massa waarin een groot aantal axiale gerichte kanaaltjes zitten waardoor lucht kan stromen.

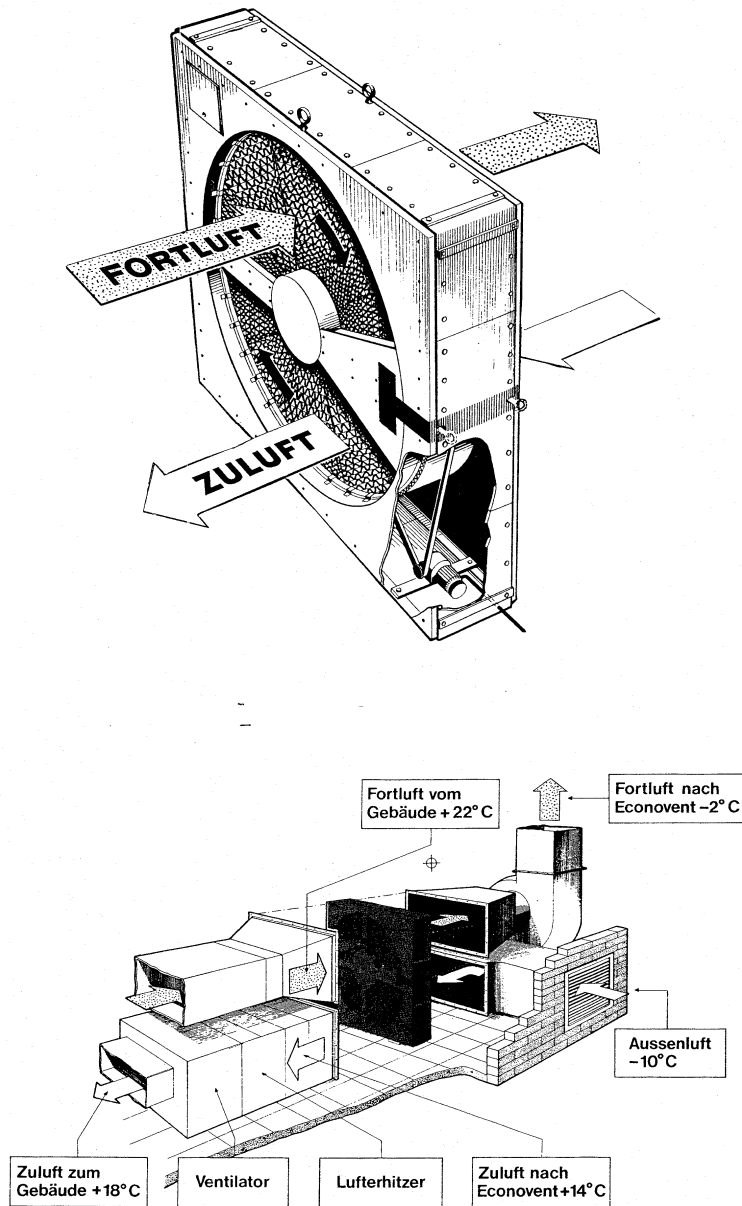
De rotor is geplaatst in een plaatstalen omkasting, waarbij deze omkasting 4 aansluitingen heeft, te weten: twee aansluitingen voor het toevoerluchtkanaal (intreezijde en uittreezijde van de rotor) en twee aansluitingen voor het afvoerluchtkanaal (intree en uittree). zie fig. 2.

De rotor wordt met behulp van een elektromotor rondgedraaid. In de wintersituatie wordt daarmee bereikt, dat een deel van de cilinder, wat door de warme afvoerlucht is opgewarmd, door de koude toevoerlucht wordt doorstroomd.

De koude toevoerlucht wordt hierbij opgewarmd.

Vochtoverdracht

Indien - naast condensatievocht - meer vochtoverdracht is gewenst kan de anorganische massa worden voorzien van lithiumchloride (LiCl_3) welke de eigenschap heeft vocht te onttrekken aan de af te zuigen lucht. De koudere en veel drogere toevoerlucht neemt dan het vocht op uit de LiCl_3 .

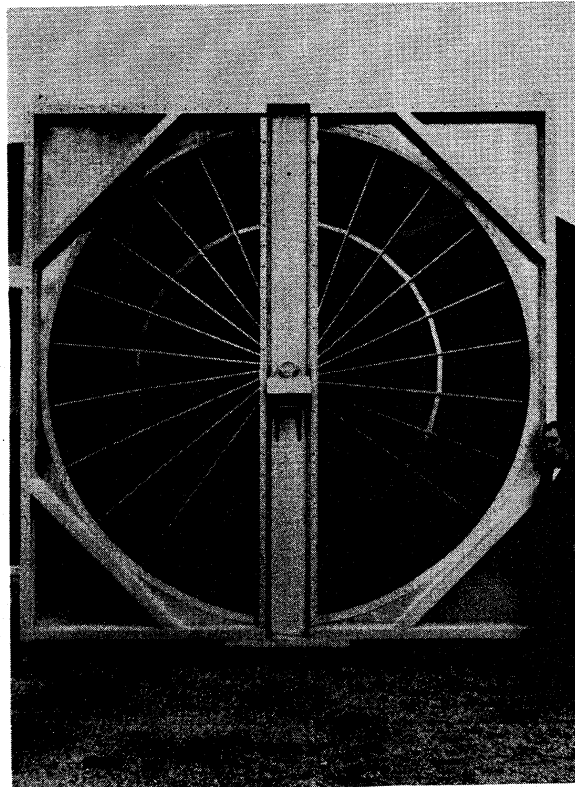
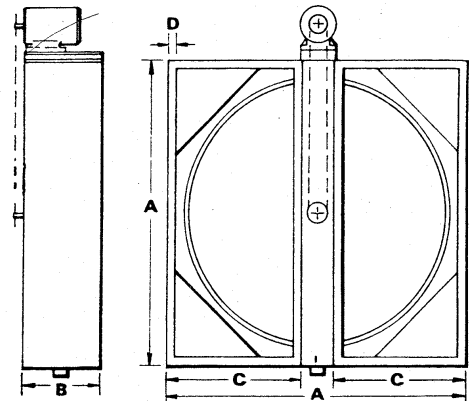


figuur 2 uitvoering warmtewiel en inbouw in een luchtbehandelingsysteem
 materiaal rotor: aluminium, roestvast staal of andere anorganische materialen

Die wichtigsten Eigenschaften:

Modell	iLuftmenge (m³/h)		Abmessungen (mm)		Brutto-Gewicht (kg) TYP A
	(a)	(b)	(a)	(b)	
SW 3	1.250	2.300	864	584	230
SW 4	1.700	3.000	940	584	250
SW 5	2.150	3.800	1.016	584	275
SW 6	2.550	4.575	1.092	584	300
SW 8	3.400	6.100	1.245	584	325
SW 10	4.250	7.650	1.372	584	365
SW 14	5.950	10.700	1.575	584	410
SW 20	8.500	15.300	1.854	584	525
SW 28	11.900	21.400	2.134	584	820
SW 40	17.000	30.500	2.565	584	1.050
SW 50	21.250	38.200	2.845	635	1.370
SW 60	25.500	45.700	3.150	686	1.635
SW 80	34.000	61.200	3.607	686	2.090
SW 100	42.500	76.300	3.912	737	2.550

(a) mit einem Druckabfall von 15 mm WS
 (b) mit einem Druckabfall von 40 mm WS



figuur 3 Afmetingen van een warmtwiel

Reiniging

De opbouw van de warmtewisselaar is dusdanig dat een reinigingszone aanwezig is waarin de rotor kan worden gereinigd voordat deze komende uit de afvoerzone, in de toevoerzone draait.

Voordelen

Naast voelbare warmte (luchttemperatuur) is ook overdracht van een latente warmte (vochtoverdracht) mogelijk.

Bevochtiging binnen een luchtbehandelingkast kan dan in veel gevallen achterwege blijven. Daardoor vervalt ook het energieverbruik benodigd voor de verdamping van water om op deze wijze de ventilatielucht te bevochtigen.

Nadelen

- Toe- en afvoerluchtkanalen van de installatie bij elkaar,
- Grote afmetingen van dit warmteterugwinningssysteem. Zie fig. 3.

Bouwkundige consequenties

In verband met de grote afmetingen van dit WTW-systeem en de eis dat de toevoer- en de afvoerkanalen bij elkaar dienen te worden gebracht vraagt de toepassing van dit systeem een aanzienlijke bouwkundige opstellingsruimte.

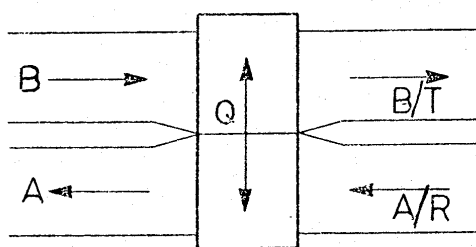
Toepassingsgebieden

Ziekenhuizen, scholen, verpleegtehuizen, hotels en motels, theaters, kantoorgebouwen, fabrieken, chemische bedrijven, droogovens en zwembaden. In het algemeen kan worden gesteld dat de warmtewisselaar daar wordt toegepast, waar grote hoeveelheden warme lucht worden afgevoerd, terwijl koude buitenlucht opgewarmd moet worden.

In installaties, die bovendien nog zijn voorzien van een bevochtiging- en koelinstallatie, is het op basis van de huidige energieprijzen interessant om langzaam roterende warmtewisselaars te overwegen.

De grootste installatie in Nederland met roterende warmtewisselaars heeft een capaciteit van 250.000 m³/h.

2.3 De lucht/lucht warmtewisselaars of platenwisselaar



figuur 4 principeschema lucht / lucht warmtewisselaar

Werking

Bij de lucht / lucht warmtewisselaar worden in de wintersituatie de warme afvoerlucht en de koude toevoerlucht door een gemeenschappelijke warmtewisselaar getransporteerd.

De beide luchtstromen worden door warmteoverdragende scheidingswanden (bijv. glas, aluminium, kunststoffen, etc.) van elkaar gescheiden.

De "warme" afvoerlucht draagt zijn warmte daarbij over aan de "koudere" toevoerlucht via deze scheidingswanden. Deze zogenaamde "recuperatieve" warmtewisselaar kunnen in tegenstroom-, meestroom- of kruisstroomuitvoering worden gefabriceerd. Zie fig. 4.

Vochtoverdracht

Bij de lucht / lucht warmtewisselaars wordt geen vocht overgedragen, doordat de luchtstromen door middel van wanden van elkaar zijn gescheiden.

Voordelen

Eenvoudige uitvoering, geen draaiende delen. Vochtoverdracht vindt niet plaats
Eenvoudig samen te bouwen in luchtbehandelingkasten tot capaciteiten van ca. 50.000 m³/h.
Zie fig. 5.
Zelfs agressieve lucht is bij de juiste materiaalkeuze door een dergelijk WTW-systeem te voeren.

Nadelen

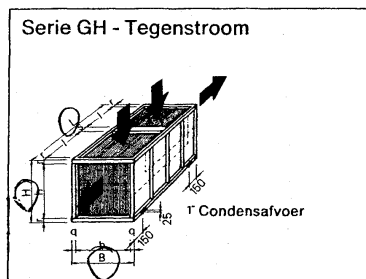
Grote afmetingen en indien de glazen platenwisselaar wordt toegepast zeer zwaar, en breekbaar.
Geen uitwisseling van vocht (kan ook voordeel zijn, bijv. bij zwembaden, denk aan zogenaamde "chloorluchtjes").

Bouwkundige consequenties

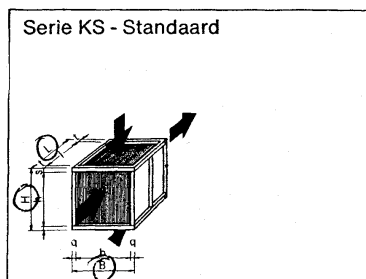
Kanalen bij elkaar, dus in ontwerp rekening mee houden.
Ook dit WTW-systeem vraagt ruimte

Toepassinggebieden

Zie warmtewiel.
De grootste toepassing vindt thans plaats in gebalanceerd ventilatie-systemen in woningen en in kantoren.



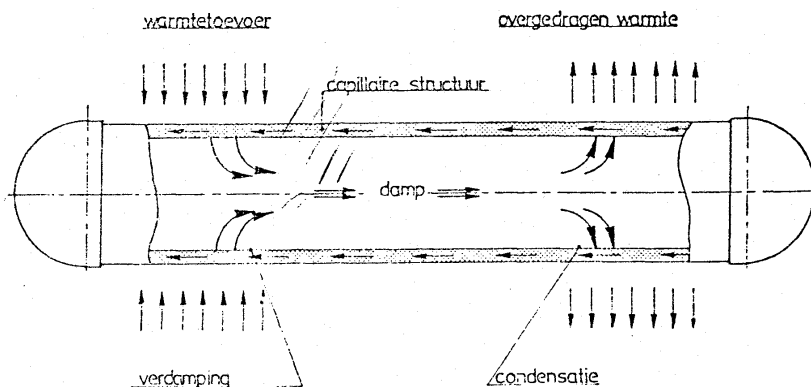
Type	Nominaal luchtdebiet m ³ /h	H	B	L	h	b	l	q	r	s
GH..-M1	1 500	300	800	600	200	690	200	55	50	100
GH..-G2	2 100	500	500	1000	400	390	400	55	50	100
GH..-G4K	3 800	650	650	1300	550	540	550	55	50	100
GH..-K6	5 300	800	800	1600	700	690	700	55	50	100
GH..-K10	10 000	1000	1000	2000	900	890	900	55	50	100
GH..-K14	13 400	1200	1200	2400	1100	1090	1100	55	50	100
GH..-K18	20 000	1350	1350	2700	1250	1240	1250	55	50	100
GH..-K25	26 000	1600	1600	3200	1500	1490	1500	55	50	100



Type	Nominaal luchtdebiet m ³ /h	H	B	L	h	b	l	q	r	s	t
KS..-M1	1 500	300	800	300	200	690	200	55	50	50	50
KS..-G2	2 100	500	500	500	400	390	400	55	50	50	50
KS..-G4K	3 800	650	650	650	550	540	550	55	50	50	50
KS..-K6	5 300	800	800	800	700	690	700	55	50	50	50
KS..-K10	10 000	1000	1000	1000	880	890	900	55	70	50	50
KS..-K14	13 400	1200	1200	1200	1080	1090	1100	55	70	50	50
KS..-K18	20 000	1350	1350	1350	1230	1240	1250	55	70	50	50
KS..-K25	26 000	1600	1600	1600	1460	1490	1500	55	90	50	50
KS..-K36	41 000	1800	2000	1800	1620	1880	1680	60	120	60	60
KS..-K50	54 000	2000	2400	2000	1800	2280	1880	60	140	60	60

Figuur 5 Afmetingen lucht / lucht warmtewisselaar

2.4 “Heat-pipe” systeem



Figuur 6 principeschema heat-pipe

Werking van het heat-pipe systeem

De heat-pipe is in wezen een gesloten verdamping / condensatiesysteem.

Het systeem bestaat uit een gesloten pijp met een capillaire structuur aan de verdamperzijde, welke er op gericht is het koelmiddel, dat zich normaliter op de bodem van de pijp zou bevinden, door capillaire werking voortdurend de gehele binnenwand van de pijp te doen bedekken. Zodra de warmte wordt toegevoerd aan de ene zijde van de heat-pipe zal het koelmiddel verdampen.

Door dampspanningsverschil tussen warme en koude zijde wordt het medium naar de koudere zijde verplaatst waar het door het onttrekken van thermische energie condenseert. Het condensaat, opnieuw in vloeibare toestand, keert terug naar de warme zijde van de pijp waar het opnieuw verdampt.

Zolang er dus energie wordt toegevoerd en onttrokken aan het systeem zal deze condensatie / verdampingscyclus in de heat-pipe voortduren. Dit proces vindt plaats zonder mechanische bewegende delen en er wordt geen uitwendige hulpenergie vereist.

Verder is het heat-pipe systeem een nagenoeg isothermisch proces, hetgeen impliceert, dat er geen aanwijsbaar warmteoverdrachtverlies in het proces is.

Voordelen

- Scheiding van toevoer- en afvoerkanalen,
- Alleen warmteoverdracht, geen vochtoverdracht (let op speciale toepassingen zoals bijv. zwembaden).

Nadelen

- Toevoerlucht- en afvoerluchtkanalen dienen bij het installatieontwerp bij elkaar te worden geprojecteerd op het punt waar het “heat-pipe” systeem wordt geïnstalleerd
- Vrij groot bouwvolume
- Alleen warmte c.q. koude overdracht.

Bouwkundige consequenties

- Vrij groot bouwvolume,

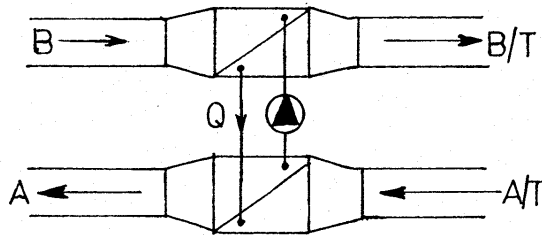
Toepassingsgebieden

Door de scheiding van de luchtstromen is het heat-pipe apparaat bij uitstek geschikt voor de recuperatie van alle afvalwarmte tot 700 °C, vooral die waar hoge eisen worden gesteld ten

aanzien van de bedrijfszekerheid, de lage exploitatiekosten en de hoge verse lucht kwaliteit. Als specifieke toepassingsgebieden komen we momenteel heat-pipe warmteterugwinning tegen in o.a.:

Ventilatie-inrichtingen, luchtbehandelingsystemen, zwembaden, drooginrichtingen, afgassen van stook- en verbrandingsprocessen, industriële toepassingen geïntegreerd in productieprocessen.

2.5 Twin coilsysteem, twee elementensysteem



Figuur 7 prinseschema twin coil warmteterugwinstelsysteem

Werking van het systeem

De warmte-uitwisseling tussen ingaande en uitgaande luchtstroom wordt gerealiseerd door, zowel in het aanvoer- als in het afvoerluchtkanaal, een lamellenblok in te bouwen (zie fig. 7).

Tussen beide recuperatoren wordt een leidingssysteem aangebracht met ingebouwde circulatiepomp, welke zorg draagt voor de circulatie van het warmtetransportmedium. In verband met de lage buitentemperaturen gedurende de winterperiode wordt als warmtetransportmedium vaak een water/ethylene-glycoloplossing toegepast om bevrozing te voorkomen.

Tijdens de winterperiode zal de aangezogen buitenlucht worden opgewarmd door de in het buitenluchtaanzuigkanaal geplaatste warmtewisselaar, terwijl als gevolg hiervan de door deze warmtewisselaar stromende glycoloplossing zal afkoelen.

De gekoelde glycoloplossing zal vervolgens in de warmtewisselaar in het afblaaskanaal warmte uit de uitstromende lucht opnemen en hierdoor worden verwarmd, om daarna het recuperatieproces op de omschreven wijze te continueren.

Voordelen

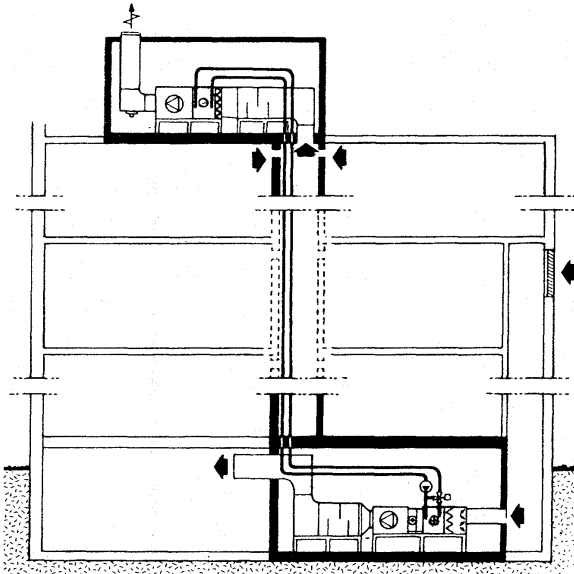
- minder plaatsruimte
- onafhankelijk van plaatsing toe- en afvoerkanaal
- geen vermenging van toevoer- en afvoerlucht
- geen bacterie- of geuroverdracht
- eenvoudige montage van standaardcomponenten
- gebruik van bestaande koelbatterij mogelijk
- eenvoudige selectie
- lage investeringskosten,
- goed toepasbaar in bestaande gebouwen.

Nadelen

- toepassing van een glycol-watmengsel.
De warmteoverdracht van dit mengsel is slechter dan van water. Om toch water in het systeem te kunnen toepassen wordt dan een extra warmtewisselaar in de kringloop opgenomen die het bevrozen moet voorkomen. Bij zeer lage buitentemperaturen gaat

hierbij het totale rendement iets omlaag, maar in de meeste gevallen is dit zeker aanvaardbaar. Bij hogere temperaturen is het rendement beter dan bij een glycol-watmengsel, hoewel bij gebruik van een dergelijk mengsel de warmteoverdragende oppervlakten uiteraard aangepast (kunnen) worden.

- in de zomer kan de terugwininstallatie niet gebruikt worden
- niet zulke hoge rendementen: η van 40 - 60 %
- geen vochtuitwisseling
- vrij hoge secundaire energiekosten



figuur 8 iibouw glycolsysteem

Bouwkundige consequenties

Luchtkanalen niet bij elkaar en inbouw eenvoudig mogelijk dus klein bouwvolume, meestal geen extra vergroting van de bouwkundige ruimten t.b.v. technische installaties. Zie fig. 1.8

Toepassingen

Daar waar in bestaande projecten of nieuwbouwprojecten nagenoeg geen bouwkundige ruimte aanwezig is en de luchtaanvoer- en afvoerkanalen niet bij elkaar zijn te leggen. Een andere toepassingsmogelijkheid is die, waarbij de installaties in een luchtbehandelingapparaat voor buitenopstelling zijn ondergebracht. Het aantal toe- en afvoerkanalen behoeft niet gelijk te zijn. Zo kan op meerdere plaatsen worden teruggewonnen en - bijvoorbeeld bij industriële toepassingen - de proceslucht worden gecombineerd met de klimaatinstallatie.

2.6 Rendement

Om het rendement van een warmteterugwininstallatie uit te drukken en onderling te vergelijken, zijn een tweetal grootheden gedefinieerd, nl.:

- het energetisch rendement η_{wtw}
- de prestatiefactor P_{wtw}

De definitie en de bepalingsmethode is omschreven in NEN5138 “Warmteterugwinning in woningen, bepalingsmethode voor energetisch rendement van warmteterugwinningsapparaten voor individuele ventilatiesystemen”.

Het energetisch rendement kan berekend worden middels

$$\eta_{wtw} = \frac{\theta_{in} - \theta_e}{\theta_{afz} - \theta_e} \cdot \frac{q_{m,t}}{q_{m,afz}}$$

met:

θ_i	=	entreetemperatuur ventilatielucht in °C
θ_e	=	buitenluchttemperatuur in °C
θ_{afz}	=	temperatuur afzuiglucht in °C
$q_{m,t}$	=	toevoerlucht debiet in kg/s
$q_{m,afz}$	=	afzuiglucht debiet in kg/s

De definitie van η_{wtw} gaat er vanuit dat er geen menging tussen toevoer- en afvoerlucht optreedt en dat er ook geen buitenlucht in het afzuigcircuit terechtkomt.

Dit heeft ertoe geleid dat er “lekkage”-eisen zijn gedefinieerd, nl. maximaal 2% voor de interne lekkage en maximaal 5% voor de overige lekkage.

Is het energetische rendement bekend dan kan ook de opwarming van de ventilatielucht door het toestel worden berekend.

Zo geeft dit voor balansventilatie (dat wil zeggen $q_{m,t} = q_{m,afz}$) bij $\theta_e = 5^\circ C$ en $\theta_{afz} = 18^\circ C$:

$$\eta_{wtw} = 90\% \quad \theta_t = 17,3^\circ C$$

$$\eta_{wtw} = 70\% \quad \theta_t = 14,7^\circ C$$

$$\eta_{wtw} = 50\% \quad \theta_t = 11,5^\circ C$$

De prestatiefactor P_{wtw} is een maat voor de jaarlijks teruggewonnen energie ten opzichte van de veelal elektrische energie die moet worden ingezet om de warmteterugwininstallatie zijn functie te kunnen laten vervullen.

In formule:

$$P_{wtw} = \frac{Q_{beh} \eta_{wtw}}{Q_{el}}$$

met

P_{wtw}	=	prestatiefactor
Q_{beh}	=	benodigde energie om de ventilatielucht op te warmen ($\theta_{in} - \theta_e$) (in kWh/j
Q_{el}	=	toegevoerde elektrische energie in kWh/j

Voor balansventilatie van woningen varieert P_{wtw} , afhankelijk van ventilatortype en het rendement van het warmteterugwinblok globaal tussen 3,5 en 6,5.

Voor een hoog rendement WTW met $\eta_{wtw} \approx 85\%$ leidt dit voor een woning tot een gasbesparing van circa 250 m³/jaar.

De energieprestatienormering, NEN5128 voor woningen en NEN2416 voor utiliteitsgebouwen geeft voor de diverse systemen energetische rendementen conform tabel 3.1.

tabel 1.1. energetisch rendement van de warmteterugwinapparatuur

Systeemtype warmteterugwinning	Rendement
	η_{wtw}
kruisstroom-warmtewisselaar	0,65
twee elementen systeem	0,60
warmtebuis-apparaten ("heat pipe")	0,60
langzaam roterende en intermitterende warmtewisselaars	0,70
tegenstroom-warmtewisselaar	0,75

3 Luchtreiniging

Buitenlucht bevat stofdeeltjes afkomstig van natuurlijke bronnen (zand, stuifmeelpollen e.d.) en kunstmatige bronnen (verkeer en industrie). Op het platteland is de lucht schoner dan in een stedelijke omgeving en in industriegebieden. In gebouwen bevinden zich verontreinigingsbronnen, waardoor de stofconcentratie binnen meestal hoger is dan buiten. Tabel 2.1 geeft een overzicht. Behoudens bij speciale stofarme ruimten, zoals operatiekamers en productieruimten voor micro-elektronische componenten, worden meestal geen eisen gesteld aan de luchtreinheid. Wel gelden er eisen voor luchtfilters en streeft men met een voorgeschreven filterklasse naar een bepaald niveau van luchtreinheid. Een veel gebruikte filterklasse-indeling is van EUROVENT, zie tabel 2.2. Voor kantoren wordt vaak EU7 gekozen, voor ziekenhuizen EU8 of EU9.

tabel 2.1 gemiddeld stofgehalte van lucht

plaats	mg/m ³
platteland	0,05 - 0,10
stedelijke omgeving	0,10 - 0,50
industriegebied	1 - 3
woonruimte	1 - 2
warenhuis	2 - 5
werkplaats	1 - 10

tabel 2.2 luchtfilterklassen

<u>filtertype</u>	<u>rendement</u>	<u>EUROVENT</u>
	<u>in %</u>	<u>indeling</u>
groffilters (gewichtstest)	<65	EU1
	65-80	EU2
	80-90	EU3
	>90	EU4
fijnfilters (verkleuringstest)	40-60	EU5
	60-80	EU6
	80-90	EU7
	90-95	EU8
	>95	EU9

Luchtfiltering wordt vooral toegepast om vuilophoping (en daarmee de groei van micro-organismen) in klimaatinstallaties te voorkomen en de kosten van schoonmaakonderhoud te beperken. Slecht onderhouden en vervuilde installaties kunnen een bron van hinder en vooral gezondheidsklachten zijn. Anders dan vaak wordt gedacht komen de meeste hinder en gezondheidsklachten van bronnen binnen het gebouw, waartegen filtering niet helpt. Ventilatie met buitenlucht, waardoor verontreinigingen worden verdund en naar buiten afgevoerd, heeft wel effect. De meest effectieve aanpak is het zoveel mogelijk voorkomen of elimineren van verontreinigingsbronnen. Gebruik daarom alleen bouw- en inrichtingsmaterialen waarvan bekend is dat ze geen hinderlijke of ongezonde stoffen of gassen in het binnenmilieu brengen. Werk ruimten zo af dat stof zich niet kan ophopen en zorg ervoor dat de ruimten eenvoudig zijn schoon te houden. Vermijd om die reden horizontale vlakken waarop stof kan blijven liggen en pas geen gordijnen en vloerbedekking toe die stof aantrekken.

4 **Vochtregeling**

4.1 **Luchtbevochtiging**

Voordat wordt gekozen voor luchtbevochtiging moet eerst worden nagegaan in hoeverre dit echt wenselijk is en welke alternatieven er voorhanden zijn. Voor bepaalde functies zoals operatiekamers, intensive care afdelingen en musea is bevochtiging essentieel. In het algemeen is bevochtiging bovendien comfortverhogend.

In kantoren is bevochtiging echter niet altijd nodig. Klachten over te droge lucht zijn vaak te herleiden tot stoffige lucht. Indien een warmtewiel wordt toegepast kan de noodzaak tot bevochtiging worden verkleind en de hoeveelheid bevochtiging sterk worden teruggebracht. Dit is mede afhankelijk van de vochtterugwijnende eigenschappen van het gekozen warmtewiel en de vochtabsorberende eigenschappen van de bouw- en inrichtingsmaterialen. Het ventilatievoud is medebepalend voor de keuze voor al dan niet bevochtigen. Hoe hoger het ventilatievoud, hoe droger de lucht in de winter wordt en hoe eerder zal worden gekozen voor bevochtiging.

Buitenlucht van -10 °C bevat maximaal 1,6 gram water per kilogram lucht, zie het Mollier-diagram. Wordt deze lucht aan een ruimte toegevoerd en tot 20 °C verwarmd dan wordt de relatieve vochtigheid in de ruimte theoretisch 11%. Zo droog zal het in werkelijkheid niet worden omdat de vochtaccumulerende gebouwmassa en de in de ruimte aanwezige

personen, planten e.d. vocht afgeven. Desondanks zal de relatieve vochtigheid in gebouwen tijdens perioden met lage buitentemperaturen vaak niet hoger zijn dan 20 à 30% en kan luchtbevochtiging wenselijk zijn. Luchtbevochtiging kan met water of verzadigde stoom plaatsvinden. Bij klimaatregeling gebeurt dit meestal centraal in een luchtbehandelingskast, het kan ook plaatselijk met losse apparaten. Bij luchtbevochtiging is speciale aandacht voor het voorkomen van hoge concentraties legionellabacteriën gewenst. Bij stoombevochtiging is het risico daarop het kleinst. Een nadeel van bevochtiging is het extra onderhoud dat nodig is om bacteriegroei te beperken. Indien dit onderhoud onvoldoende is, is het effect op de luchtkwaliteit negatief. Het recirculeren van bevochtigingswater levert daarbij een extra legionellarisico op en moet zo veel mogelijk worden voorkomen (tenzij dit apart gereinigd wordt). Veel toegepaste vormen van waterbevochtiging zijn infrasonen en ultrasone bevochtiging. Bij deze systemen wordt water in de lucht verstoven d.m.v. geluid en is er weinig condens; bij ultrasone bevochtiging blijft de kast vrijwel droog.

4.2 Lucht drogen door middel van koeling

Lucht van 28 °C kan maximaal 24 gram water per kg lucht bevatten. Buitenlucht van 28 °C bevat zelden meer dan 16 gram water per kg lucht. Wordt deze lucht gekoeld tot (bijvoorbeeld) 16 °C dan condenseert een deel van de waterdamp uit de lucht op de koelbatterij en neemt de absolute luchtvochtigheid af tot 10,6 g/kg. Dit proces noemt men "luchtdroging met koeling onder het dauwpunt". Na toevoer van deze gekoelde lucht aan een ruimte, waarin door warmtebelasting een temperatuur van 24 °C heerst, ontstaat theoretisch een relatieve vochtigheid van 57%. In werkelijkheid zal de luchtvochtigheid door vochtafgifte van personen en vochtaccumulatie van bouw- en inrichtingsmaterialen iets hoger worden.